

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Mai 2002 (23.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/40934 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F28F 13/18, C23C 28/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/TB01/02079

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. November 2001 (07.11.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 56 242.6 14. November 2000 (14.11.2000) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH];
Brown Boveri Str. 7, CH-5401 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLANGETTI, Fran-
cisco [CH/CH]; Schartenstrasse 10, CH-5400 Baden (CH).
REISS, Harald [DE/DE]; Reinhard-Hoppe-Str. 8, 69118
Heidelberg (DE).(74) Anwälte: PÖPPER, Evamaria usw.; Alstom
(Schweiz) AG, Intellectual Property CHSP, Haselstrasse
16/699/5.0G, CH-5401 Baden (CH).(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZA, ZW.(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KB, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- insgesamt in elektronischer Form (mit Ausnahme des Kopf-
bogens); auf Antrag vom Internationalen Büro erhältlich

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: CONDENSATION HEAT-TRANSFER DEVICE

(54) Bezeichnung: KONDENSATIONSWÄRMEÜBERTRAGER

(57) Abstract: The invention relates to a condensation heat-transfer device that is characterized in that the heat-transfer surfaces are provided with a coating according to the invention. Said coating comprises a series of layers with at least one hard layer comprising an amorphous carbon or a plasma polymer and at least one soft layer comprising an amorphous carbon or a plasma polymer. The hard and the soft layer are alternately applied, the first layer on the heat-transfer surface being a hard layer and the last layer of the coating being a soft layer. The last, soft layer is especially characterized by having hydrophobic properties. The series of layers allows for dropwise condensation and at the same time protects from impingement erosion.

(57) Zusammenfassung: Die Wärmeübertragungsflächen eines Kondensationswärmeübertragers sind mit einer erfindungsgemäßen Beschichtung versehen, die aus einer Schichtenfolge mit mindestens einer harten Schicht mit amorphem Kohlenstoff oder einem Plasmapolymere und mindestens einer weichen Schicht mit amorphem Kohlenstoff oder einem Plasmapolymere besteht. Dabei sind die harten und weichen Schichten alternierend aufgetragen, wobei die erste Schicht auf der Wärmeübertragungsfläche eine harte und die letzte Schicht der Beschichtung eine weiche Schicht ist. Die letzte, weiche Schicht zeichnet sich insbesondere durch hydrophobe Eigenschaften aus. Die Schichtenfolge gewährleistet Tropfenkondensation und zugleich einen Schutz gegen Tropfenschlagerosion.

WO 02/40934 A1

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

Beschreibung

Kondensationswärmeübertrager

5

Technisches Gebiet

- 10 Die Erfindung betrifft einen Kondensationswärmeübertrager zur Kondensation von nicht-metallischen Dämpfen und insbesondere eine Beschichtung der Wärmeübertragungsflächen des Kondensationswärmeübertragers. Die Beschichtung dient der Verlängerung der Lebensdauer der Kühlrohre und der Verbesserung des Wärmeübergangs an den Wärmeübertragungsflächen.

15

Stand der Technik

- Bei Kondensationswärmeübertragern spielt die Lebensdauer der Wärmeübertragungsflächen eine bedeutende Rolle, da ein Schaden bei den Wärmeübertragungsflächen einen Ausfall der gesamten Anlage herbeiführt, in welcher der Kondensationswärmeübertrager eingebaut ist. Der Zustand der Wärmeübertragungsflächen von Kondensationswärmeübertragern wird unter anderem durch Tropfenschlagerosion sowie Korrosion beeinträchtigt. Schäden aufgrund von Tropfenschlagerosion entstehen insbesondere an jenen Wärmeübertragungsflächen, welche einem Dampfstrom von hoher Geschwindigkeit ausgesetzt sind. Dort prallen Tropfen, welche in dem zu kondensierenden Dampf enthalten sind, auf die Wärmeübertragungsflächen, wobei Energie durch den Aufschlag oder durch Scherkräfte auf die Oberfläche übertragen wird. Erosion entsteht, wenn bei sehr häufigem Tropfeneinschlag die übertragene Energie zur plastischen Verformung des Oberflächenmaterials ausreicht, bei duktilem Material zu Kriechen oder bei Hartwerkstoffen zu interkristallinem Ermüdungseinbruch führt.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

2

Bei Dampfkondensatoren in Dampfkraftanlagen wurde beobachtet, dass vergrößerte Tropfen mit Durchmessern im Bereich von 100 μm und Geschwindigkeiten von 250 m/s Tropfenschlagerosion verursachen. Es sind dabei insbesondere die Kühlrohre an der Peripherie eines Rohrbündels betroffen,

- 5 während die Rohre im Innern eines Rohrbündels von direkter Tropfenschlagerosion verschont bleiben.

Das Auftreten von Tropfenschlagerosion hängt stark von den Materialeigenschaften ab, wie Härte, Duktilität, Elastizität, Mikrostruktur und Rauigkeit, wobei sich Werkstoffe aus Titan und Titanlegierungen durch einen gewissen, aber

10 nicht ausreichenden Erosionswiderstand auszeichnen, der vorwiegend durch ihre hohe Härte bedingt ist. Bei Dampfkondensatoren in Dampfkraftanlagen werden solche Tropfenschlagerosionen durch eine geeignete Materialwahl für die Kühlrohre eingedämmt, wie zum Beispiel durch rostfreie Stähle, Titan oder Chromstähle.

- 15 Tropfenschlagerosion ist ferner besonders bei tiefen Kondensatordrücken und somit höheren Dampfgeschwindigkeiten ein Problem wie zum Beispiel bei Dampfkondensatoren in Dampfkraftanlagen, welche auf Teillast arbeiten.

- Bei der Kondensation von Dampf an Wärmeübertragungsflächen wird nach dem Stand der Technik ein Kondensatfilm gebildet, der sich über die gesamte Fläche
- 20 ausbreitet. Durch diesen Kondensatfilm erhöht sich der Gesamt-Wärme-widerstand zwischen Dampf und Kühlflüssigkeit, die in den Rohren strömt, wodurch die Wärmeübertragungsleistung verringert wird. Aus diesem Grund sind seit längerer Zeit Bestrebungen im Gange, Wärmeübertragungsflächen mit einer Beschichtung zu versehen, welche aufgrund von hydrophoben Eigenschaften die
- 25 Bildung eines Kondensatfilms verhindert, sodass an der Oberfläche Tropfen-kondensation entsteht. Durch die Bildung von Tropfen kann das Kondensat schneller als bei einer Filmbildung abrinnen. Die Oberfläche des Wärmeübertragers wird dadurch freigegeben, so dass Dampf erneut an der Oberfläche kondensieren kann, ohne durch einen Kondensatfilm behindert zu sein. Der
- 30 Gesamt-Wärmewiderstand bleibt damit relativ gering. Hierzu sind beispielsweise Teflon- oder Email-Schichten jedoch ohne grossen Erfolg versucht worden, wobei diese Schichten gegen Erosion und Korrosion eine geringe Festigkeit zeigten.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

3

Bei der Beschichtung gilt es, das Problem der Standfestigkeit gegen Erosion und Korrosion sowie auch jenes der Haftung der Beschichtung an den Wärmeübertragungsflächen zu lösen. Insbesondere sind diese Probleme in Anbetracht der gewünschten, langen Betriebsdauer des Kondensationswärme-übertragers zu lösen, wie zum Beispiel bei den Kühlrohren eines Dampf-kondensators, der über eine Zeit von mehreren Jahren betriebsfähig sein muss.

Ein Beispiel einer Beschichtung ist in der WO 96/41901 und EP 0 625 588 offenbart. Hier ist eine metallene Wärmeübertragungsfläche mit einer sogenannten Hartstoffschicht aus plasmamodifizierten amorphen Kohlenwasserstoffschichten, auch unter Diamond-Like-Carbon bekannt, beschrieben. Amorpher Kohlenstoff ist für seine elastischen, aussergewöhnlich harten und chemisch stabilen Eigenschaften bekannt. Die Hartstoffschicht von amorphem Kohlenstoff wird durch den Einbau von Elementen wie Fluor und Silizium in ihrem Benetzungsverhalten derart verändert, dass sie eine hydrophobe Eigenschaft erhält. Zwecks Haftung auf dem Substrat wird zwischen dem Substrat und der Hartstoffschicht eine Zwischenschicht aufgetragen, wobei der Übergang von der Zwischenschicht zur Hartstoffschicht durch eine Gradientenschicht realisiert wird. Die Hartstoffschicht besitzt jedoch letztendlich eine Verschleißfestigkeit gegen Erosion lediglich aufgrund ihrer inhärenten Härte.

In der DE 34 37 898 ist eine Beschichtung für die Oberflächen eines Wärmeübertragers, insbesondere für die Oberflächen von Kondensatorkühlrohren beschrieben, bestehend aus einem Triazin-Dithiol-Derivat. Dieses Schichtmaterial bewirkt Tropfenkondensation und somit eine Verbesserung des Wärmeübergangs. Ferner zeichnet sich die Beschichtung durch eine gute Haftung an den Kühlrohren aus.

In der DE 196 44 692 ist eine Beschichtung aus amorphem Kohlenstoff beschrieben, die auf den Kühlrohren von Dampfkondensatoren Tropfenkondensation herbeiführt. Die Oberfläche eines Kühlrohres wird dabei vor dem Aufbringen des amorphen Kohlenstoffs aufgeraut, wodurch die effektive

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

4

Grenzfläche zwischen der Kühlrohroberfläche und der Beschichtung vergrössert wird. Dadurch wird der Wärmewiderstand zwischen Beschichtung und Grundmaterial verringert. Nach der Beschichtung wird die Oberfläche geglättet, sodass nebeneinander beschichtete sowie unbeschichtete Bereiche entstehen.

5

Darstellung der Erfindung

- 10 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Beschichtung für die Wärmeübertragungsflächen eines Kondensationswärmeübertragers für die Kondensation von nicht-metallischen Dämpfen zu schaffen, deren Standfestigkeit gegen Tropfenschlagerosion und Korrosion im Vergleich zum Stand der Technik erhöht ist und an denen zugleich eine verbesserte Wärmeübertragung durch die
- 15 Herbeiführung von Tropfenkondensation stattfindet.

- Diese Aufgabe ist durch einen Kondensationswärmeübertrager gemäss dem Anspruch 1 gelöst. Die Wärmeübertragungsflächen eines Kondensationswärmeübertragers weisen eine Beschichtung auf, die amorphen Kohlenstoff
- 20 enthält, auch unter Diamond Like Carbon bekannt. Erfindungsgemäss weist die Beschichtung eine Schichtenfolge auf mit mindestens einer harten Schicht aus amorphem Kohlenstoff und mindestens einer weichen Schicht aus amorphem Kohlenstoff, wobei die harten und weichen Schichten alternierend aufgetragen sind und die unterste oder erste Schicht auf der Wärmeübertragungsoberfläche
- 25 eine harte Schicht ist und die oberste oder letzte Schicht der Schichtenfolge eine weiche Schicht ist. Die letzte und weiche Schicht der Schichtenfolge besitzt insbesondere eine hydrophobe oder wasserabweisende Eigenschaft.

- Die erfindungsgemässe Beschichtung bewirkt somit durch ihre letzte oder
- 30 äusserste Schicht ein hydrophobes Verhalten des gesamten Schichtsystems. Dieses Verhalten beruht auf der niedrigen Oberflächenenergie des amorphen Kohlenstoffs, wenn er relativ weich ist.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

5

Unter amorphem Kohlenstoff sollen im folgenden wasserstoffhaltige Kohlenstoffschichten mit 10 bis 50 at -% Wasserstoffgehalt und mit einem Verhältnis von sp^3 zu sp^2 -Bindungen zwischen 0.1 bis 0.9 verstanden werden. Generell können alle mittels Carbon- oder Hydro-Carbon-Precursoren hergestellten

5 amorphen oder dichten Kohlenstoffschichten sowie Plasmapolymerschichten, polymerähnliche oder dichte Kohlenstoff- und Kohlenwasserstoffschichten verwendet werden, sofern sie die hydrophoben und die im folgenden genannten mechanischen oder chemischen Eigenschaften des amorphen Kohlenstoffs zur Herstellung von Schichtfolgen aufweisen.

- 10 Die Benetzbarkeit der Oberfläche von amorphem Kohlenstoff ist durch Variierung seiner Härte veränderbar. Die Benetzbarkeit ist je geringer, je höher seine Härte. Eine sehr harte Schicht mit zum Beispiel mehr als 3000 Vickers würde sich als äusserste, hydrophobe Schicht weniger gut eignen als eine Schicht geringerer Härte.
- 15 Auf der weichen, hydrophoben Oberfläche wird die Bildung von ausgedehnten Kondensatfilmen verhindert, indem das Kondensat statt dessen Tropfen bildet, welche bei einer bestimmten erreichten Grösse von der Oberfläche des Rohrs abgleiten. Dabei bleibt einerseits ein grösserer Flächenanteil der Wärmeübertragungsfläche frei von Kondensat, andererseits ist auch die Verweilzeit des
- 20 Kondensats auf einer gegebenen Wärmeübertragungsfläche stark reduziert. Hiermit wird die Wärmeübertragung an den Flächen und letztendlich die Leistung des Kondensationswärmeübertragers erhöht.

- Die erfindungsgemässe Schichtenfolge von jeweils einer harten Schicht gefolgt
- 25 von einer weichen Schicht bewirkt insbesondere eine erhöhte Beständigkeit gegen Tropfenschlagerosion. Der Impuls von aufprallenden Tropfen wird durch die weichen und harten Schichten aufgenommen, indem die Kompressionswellen, die im Oberflächenmaterial vom Aufprall der Tropfen ausgehen, durch die Paare von harten und weichen Schichten durch Interferenz ausgelöscht werden. Diese
- 30 Auslöschung von Kompressionswellen ist der Auslöschung von optischen Wellen ähnlich, die durch Schichtpaare von dünnen Schichten mit jeweils hohem und niedrigem Brechungsindex herbeigeführt wird.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

6

Die Auslöschung von Kompressionswellen wird durch eine Schichtenfolge von mehreren Schichtpaaren von harten und weichen Schichten erhöht. Eine optimale Anzahl Schichten hängt dabei vom Neigungswinkel der Einfallrichtung der Tropfen auf die Oberfläche ab. Bei schrägem Einfall ist eine kleinere Anzahl Schichten
5 notwendig, um die Kompressionswellen auszulöschen.

Der Gesamtwärmewiderstand der beschichteten Wärmeübertragungsfläche nimmt mit steigender Schichtzahl und Schichtdicke zu. Es ist also die Anzahl der Schichten in Anbetracht der Aufnahme der Kompressionswellen, die von aufprallenden Tropfen ausgehen, sowie auch des Gesamtwärmewiderstands der
10 Wärmeübertragungsflächen zu optimieren.

Die Zusammenführung von einem oder mehreren Schichtpaaren von harten und weichen Schichten erbringt eine stark verbesserte Erosionsbeständigkeit gegenüber Beschichtungen mit amorphem Kohlenstoff mit nur einer Schicht von
15 relativ hoher Härte. Zugleich besitzt die erfindungsgemässe Beschichtung dank ihrer äussersten, weichen Schicht die Fähigkeit, Tropfenkondensation zu bilden. Dadurch ist eine erhöhte Beständigkeit gegen Tropfenschlagerosion und zugleich eine hohe Wärmeübertragung aufgrund des vergrösserten kondensatfreien Flächenanteils der Wärmeübertragungsflächen gewährleistet, sodass sowohl eine
20 verlängerte Lebensdauer der Wärmeübertragungsflächen als auch eine erhöhte Leistung des Kondensationswärmeübertragers erreicht wird.

Die erfindungsgemässe Beschichtung eignet sich ausgezeichnet für die Kühlrohre von Kondensationswärmeübertragern. Die Kühlrohre, an denen Dampf eines
25 beliebigen Stoffes niedergeschlagen wird, sind dort senkrecht oder waagerecht in Rohrbündeln angeordnet. Im Fall eines Dampfkondensators, wie zum Beispiel in einer Dampfkraftanlage, sind insbesondere die Kühlrohre an der Peripherie eines Rohrbündels den mit hoher Geschwindigkeit heranströmenden Tropfen mehr ausgesetzt sind als Kühlrohre im Innern eines Bündels. Die zwei- oder
30 mehrschichtige Beschichtung ist also besonders für jene Kühlrohre an der Peripherie geeignet. Die Kühlrohre im Innern des Bündels können mit der gleichen Beschichtung oder lediglich mit einer einfachen, weichen, hydrophoben Schicht

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

7

von amorphem Kohlenstoff versehen werden. Diese bewerkstelligt Tropfenkondensation und die damit verbundene Erhöhung der Wärmeübertragung. Ein Schutz vor Tropfenschlagerosion ist dort weniger notwendig.

- 5 Wie erwähnt bewirkt die Tropfenkondensation eine Reduktion der Verweilzeit des Kondensats auf den Kühlrohren des Dampfkondensators. Dadurch resultiert eine Reduktion des dampfseitigen Druckabfalls, wobei der Druckabfall von der Grösse des Rohrbündels sowie des Volumens des Kondensats sowie von der Stegbreite abhängt. Die Reduktion des dampfseitigen Druckabfalls führt eine Verbesserung
- 10 des gesamten Wärme-übertragungskoeffizienten herbei. Im Vergleich zu Kondensatoren mit unbeschichteten Kühlrohren ist eine Erhöhung des Wärmeübertragungskoeffizienten um mindestens 25 Prozent erreichbar, wobei der Kondensationswärmeübertrager um bis zu 20 Prozent mehr Dampf zu kondensieren vermag.

15

- Weiter eignet sich die Beschichtung als Erosions- und Korrosionsschutz in Wärmeübertragern, wie zum Beispiel gegen Ammoniakerosion bei Dampfkondensatoren mit Wärmeübertragungsoberflächen aus Kupferlegierungen. Eine weitere Anwendung liegt im Schutz gegen SO_3 - oder NO_2 -Korrosion bei
- 20 Kondensatoren in Apparaten zur Wärmerekupération aus Kaminabgasen. In dieser Anwendung muss die Grenzflächenenergie sehr klein sein gegenüber der Oberflächen-spannung des Kondensats. Da die Oberflächenspannung von Schwefelsäure kleiner ist als die von Wasser, muss also die Grenzflächenenergie der äussersten Schicht eher kleiner sein als die in Dampfkondensatoren. Hier
- 25 sollte die Härte der äussersten Schicht zwischen 600 und 1500 Vickers liegen.

- Ferner ist die erfindungsgemässe Beschichtung bei weiteren Kondensations-wärmeübertragern anwendbar wie zum Beispiel in Kältemaschinen und überhaupt allen Wärmeübertragern, in denen eine Kondensation stattfindet und Tropfen-
- 30 schlagerosion verhindert werden muss.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

8

Die erfindungsgemässe Beschichtung kann nach verschiedenen, allgemein bekannten Herstellungsverfahren realisiert werden, wie zum Beispiel Abscheidung mittels Glimmentladung in einem Plasma aus kohlenwasserstoffhaltigen Precursoren, Ionenstrahlbeschichtung und Sputtern von Kohlenstoff in wasserstoffhaltigem Arbeitsgas. Bei diesen Verfahren wird das Substrat einem Strom von Ionen von mehreren 100 eV ausgesetzt. Bei der Glimmentladung wird das Substrat in einer Reaktorkammer in Kontakt mit einer Kathode, die kapazitiv mit einem 13.56 MHz RF Generator verbunden ist, angeordnet. Die geerdeten Wände der Plasmakammer bilden dabei eine grosse Gegenelektrode. In dieser Anordnung lässt sich jeder Kohlenwasserstoffdampf oder jedes Kohlenwasserstoffgas als erstes Arbeitsgas für die Beschichtung verwenden. Um besondere Schichteigenschaften zu erzielen, beispielsweise verschiedene Oberflächenenergien, Härten, optische Eigenschaften usw. werden verschiedene Gase zum ersten Arbeitsgas dazugegeben. Unter Zugabe von Stickstoff, fluor-, oder siliziumhaltigen Gasen werden beispielsweise hohe oder niedrige Oberflächenenergien erreicht. Die Zugabe von Stickstoff führt zusätzlich zu einer Erhöhung der Härte der resultierenden Schicht. Ferner ist mittels der Veränderung der Bias-Spannung über den Elektroden zwischen 100 und 1000 V die resultierende Härte der Schicht steuerbar, wobei eine hohe Bias-Spannung zu einer harten, amorphen Kohlenstoffschicht und eine tiefe Spannung zu einer weichen amorphen Kohlenstoffschicht führt.

In einem Ausführungsbeispiel beträgt die Härte einer harten Schicht eines Schichtpaares zwischen 1500 und 3000 Vickers während die Härte einer weichen Schicht eines Schichtpaares zwischen 800 und 1500 Vickers liegt. Die Dicken der Einzelschichten liegen dabei zwischen 0.1 und 2 μm , vorzugsweise zwischen 0.2 und 0.8 μm , wenn in der Schichtenfolge mehrere Schichten nacheinander aufgetragen werden. Die Gesamt-Schichtdicke liegt dabei im Bereich von 2 bis 10 μm , vorzugsweise zwischen 2 und 6 μm . Die Dicke der härteren und weicheren Schichten sind dabei vorzugsweise in umgekehrtem Verhältnis zu ihren Härten.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

9

Die erfindungsgemässe Beschichtung weist mindestens ein Schichtpaar mit einer harten Schicht und einer weichen Schicht auf. Dabei ist eine grössere Anzahl von Schichtpaaren realisierbar, wie zum Beispiel zwei Schichtpaare von je einer harten und einer weichen Schicht, vorausgesetzt die Schichtenfolge beginnt mit einer harten und endet mit einer weichen Schicht mit hydrophoben Eigenschaften. Je grösser die Anzahl Schichten, umso besser funktioniert die Auslöschung der Einschlagenergie, umso grösser wird allerdings auch der Wärmewiderstand, da die harten und weichen Schichten unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit haben.

- Die Haftung der erfindungsgemässen Beschichtung ist bei den meisten Substrattypen gut gewährleistet, insbesondere bei den Werkstoffen, die Karbide bilden wie zum Beispiel Titan, Eisen und Silizium sowie auch Aluminium, jedoch nicht auf Edelmetallen, Kupfer oder Kupfer-Nickel-Legierungen. Dabei ist eine Aufrauhung der Substratoberfläche zur Verbesserung der Haftung nicht notwendig. Wird die Beschichtung auf eine glatte Substratoberfläche aufgebracht, ergibt sich ein Schichtverbund, der gegen Tropfenschlagerosion noch stabiler ist, weil dies die Absorption der Anschlagenergie durch das Grundmaterial verringert. Die erfindungsgemässe Beschichtung lässt sich deshalb auf verschiedene Substratmaterialien, die für die Wärmeübertragungsflächen verwendet werden, wie zum Beispiel Titan, rostfreie Stähle, Chromstähle, Aluminium sowie sämtliche Karbidbildner, anwenden.

WO 02/40934

PCT/TB01/02079

10

Patentansprüche

1. Kondensationswärmeübertrager mit Wärmeübertragungsflächen zur
5 Kondensation von nicht-metallischen Dämpfen, wobei die
Wärmeübertragungsflächen eine Beschichtung aufweisen, die amorphen
Kohlenstoff enthält
dadurch gekennzeichnet, dass
die Beschichtung aus einer Schichtenfolge besteht mit mindestens einer harten
10 Schicht mit amorphem Kohlenstoff oder einem Plasmapolymer, die auf die
Wärmeübertragungsfläche aufgebracht ist, und mindestens einer weichen Schicht
mit amorphem Kohlenstoff oder einem Plasmapolymer, wobei die harten
Schichten und weichen Schichten alternierend aufgebracht sind und die letzte
Schicht eine weiche Schicht ist und hydrophobe Eigenschaften besitzt.
15
2. Kondensationswärmeübertrager nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet, dass
20 die Beschichtung eine Anzahl von zwei Schichtpaaren mit jeweils einer harten und
einer weichen Schicht mit amorphem Kohlenstoff oder einem Plasmapolymer
aufweist.
- 25
3. Kondensationswärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet, dass
die harten Schichten jeweils eine Härte im Bereich von 1500 bis 3500 Vickers und
die weichen Schichten eine Härte im Bereich von 600 bis 1500 Vickers aufweisen.

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

11

4. Kondensationswärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet, dass
die Dicke der harten und weichen Schichten der Beschichtung jeweils zwischen
0,1 und 2 Mikrometern liegen.

5

5. Kondensationswärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet, dass
10 die Beschichtung mehrere Schichtpaare von jeweils einer harten und einer
weichen Schicht aufweist und die Gesamtdicke der Beschichtung zwischen 2 und
10 Mikrometern liegt.

15

6. Kondensationswärmeübertrager nach einem der vorangehenden
Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
die Wärmeübertragungsflächen Titan, rostfreien Stahl, Chromstahl, Aluminium,
20 Kupferlegierungen oder Karbidbildner enthalten.

7. Kondensationswärmeübertrager nach einem der vorangehenden
25 Ansprüche
dadurch gekennzeichnet, dass
die Beschichtung als Schutz gegen Ammoniakerosion oder Korrosion verwendet
wird.

30

WO 02/40934

PCT/IB01/02079

12

8. Kondensationswärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1 bis 6
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kondensationswärmeübertrager in der Gestaltung von Rohrbündeln
bestehend aus mehreren senkrecht oder waagerecht angeordneten Kühlrohren,
5 an denen Dampf eines beliebigen Stoffes niedergeschlagen wird, und die
äusseren Kühlrohre an der Peripherie der Rohrbündel die Beschichtung mit
mindestens einer harten und mindestens einer weichen Schicht aufweisen, und
die inneren Kühlrohre der Bündel die gleiche Beschichtung oder eine
Beschichtung mit nur einer weichen, hydrophoben Schicht mit amorphem
10 Kohlenstoff aufweisen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte Application No
PCT/IB 01/02079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F28F13/18 C23C28/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F28F C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	DE 100 26 477 A (ABB PATENT GMBH) 29 November 2001 (2001-11-29) claims; figures	1-6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30 April 1997 (1997-04-30) & JP 08 337874 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 24 December 1996 (1996-12-24) abstract	1,2,4,6
A	WO 96 41901 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG ;GRISCHKE MARTIN (DE); LEIPERTZ ALFRED (D) 27 December 1996 (1996-12-27) cited in the application claim A	1-8
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

S document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 January 2002

Date of mailing of the international search report

05/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl

Authorized officer

Moetz C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter Application No

PCT/IB 01/02079

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 181 (C-0830), 9 May 1991 (1991-05-09) -& JP 03 044485 A (MATSUSHITA REFRIG CO LTD), 26 February 1991 (1991-02-26) abstract; figures	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 404 (M-1018), 31 August 1990 (1990-08-31) & JP 02 154993 A (MATSUSHITA REFRIG CO LTD), 14 June 1990 (1990-06-14) abstract	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l Application No

PCT/IB 01/02079

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10026477	A	29-11-2001	DE 10026477 A1	29-11-2001
			WO 0192601 A1	06-12-2001
JP 08337874	A	24-12-1996	NONE	
WO 9641901	A	27-12-1996	DE 19521344 A1	19-12-1996
			WO 9641901 A1	27-12-1996
			DE 59605826 D1	05-10-2000
			EP 0833960 A1	08-04-1998
			US 6192979 B1	27-02-2001
JP 03044485	A	26-02-1991	NONE	
JP 02154993	A	14-06-1990	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter des Aktenzeichen

PCT/IB 01/02079

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F28F13/18 C23C28/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F28F C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	DE 100 26 477 A (ABB PATENT GMBH) 29. November 2001 (2001-11-29) Ansprüche; Abbildungen	1-6
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 04, 30. April 1997 (1997-04-30) & JP 08 337874 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 24. Dezember 1996 (1996-12-24) Zusammenfassung	1,2,4,6
A	WO 96 41901 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG ;GRISCHKE MARTIN (DE); LEIPERTZ ALFRED (D) 27. Dezember 1996 (1996-12-27) in der Anmeldung erwähnt Anspruch A	1-8

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Januar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/02/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mootz, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Info les Aktenzeichen

PCT/IB 01/02079

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 181 (C-0830), 9. Mai 1991 (1991-05-09) -& JP 03 044485 A (MATSUSHITA REFRIG CO LTD), 26. Februar 1991 (1991-02-26) Zusammenfassung; Abbildungen	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 404 (M-1018), 31. August 1990 (1990-08-31) & JP 02 154993 A (MATSUSHITA REFRIG CO LTD), 14. Juni 1990 (1990-06-14) Zusammenfassung	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter es Akdenzeichen

PCT/IB 01/02079

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10026477	A	29-11-2001	DE	10026477 A1	29-11-2001
			WO	0192601 A1	06-12-2001
JP 08337874	A	24-12-1996	KEINE		
WO 9641901	A	27-12-1996	DE	19521344 A1	19-12-1996
			WO	9641901 A1	27-12-1996
			DE	59605826 D1	05-10-2000
			EP	0833960 A1	08-04-1998
			US	6192979 B1	27-02-2001
JP 03044485	A	26-02-1991	KEINE		
JP 02154993	A	14-06-1990	KEINE		